

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского
Российской академии наук
при поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований



МЕТАН В МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМАХ
тезисы и программа
Всероссийской научно-практической конференции,
посвящённой 25-летию обнаружения струйных метановых
газовыделений в Чёрном море

13–15 октября 2014 г.
Севастополь, Россия

МИКРОБНЫЕ ПРОЦЕССЫ ЦИКЛА МЕТАНА В ВОДНОЙ ТОЛЩЕ ВОСТОЧНО-АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ РОССИИ

Русанов И.И.¹, Засько Д.Н.², Саввичев А.С.¹, Захарова Е.Е.¹,
Леин А.Ю.², Иванов М.В.¹, Пименов Н.В.¹

¹Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского, Москва, Россия,
rusanov_igor@mail.ru

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова, Москва, Россия,
dasha_zas@mail.ru

Исследования масштабов стока и источников парниковых газов в Арктических морях крайне ограничены, а для Восточно-Арктических морей такие данные, до недавнего времени, фактически отсутствовали. В последнее время существенно возрос интерес исследователей к изучению арктического региона, в том числе к метановой проблеме [1,2]. Инструментально зарегистрировано увеличение скорости прироста атмосферного метана в высоких широтах северного полушария [3]. Ряд исследователей считает, что возможным дополнительным источником метана в атмосферу высоких широт является его эмиссия вследствие деградации наземной и подводной мерзлоты шельфа Арктических морей [4]. В связи с потеплением климата, мерзлота перестает быть газонепроницаемым барьером для огромного пула метана, накопленного на шельфе Восточно-Арктических морей в форме гидратов, природного газа и ОВ донных осадков, способного трансформироваться в метан [5].

В серии экспедиций, сотрудники ТОИ ДВО РАН, совместно с другими российскими и зарубежными учеными, показали, что более 80% придонных и более 50% поверхностных проб воды, полученных на мелководном шельфе до 50 метров, были перенасыщены растворенным метаном. Пространственное распределение концентраций отличалось выраженной мозаичностью и резкими градиентами. В локальных областях, составляющих порядка 10% изученной территории и определенных ими как области плюмов, пересыщение воды метаном составляло 900-18000%. Данные вертолетной съемки регистрировали увеличение атмосферных концентраций метана до высоты 1800м, которое достигало 5-10% от величины средних концентраций для данных широт (1,85ppm). При этом, области повышенных концентраций атмосферного метана коррелировали с областями плюмов растворенного метана [5].

Основной причиной повышенных концентраций метана, сотрудники ТОИ ДВО РАН предложили миграцию из донных залежей и глубинных источников, подтверждением чему приводятся свидетельства вертикального распределения содержания метана в воде, поля метановых сипов, локальные зоны повышенных концентраций и превышения поверхностных концентраций над донными. В качестве основного механизма предполагается пузырьковый перенос метана от поверхности осадка до раздела вода-атмосфера. Латеральный перенос выноса рек определен как не играющий значимой роли в динамике растворенного метана на шельфе Восточно-Арктических морей.

Кроме этого, они допустили теоретическую возможность существования еще двух источников: современная продукция метана в водном столбе и современная продукция в осадках. Однако, значимый вклад этих двух источников, по их мнению, маловероятен по ряду причин, основной из которых является аэробная окружающая среда, а наличие анаэробных линз в этих условиях трудно предположить.

В этой связи, основной задачей наших исследований было оценить активность и масштабы микробных процессов цикла метана именно в аэробной водной толще и поверхностных осадках Восточно-Арктических морей России.

Наши исследования были проведены в августе-сентябре 2004, 2007 и 2012 годов, на НИС "Профессор Хромов" в Чукотском море и в восточной части Восточно-Сибирского моря [6]. Основные результаты также получены нами в комплексной экспедиции на НИС "Академик Лаврентьев" в Чукотском море, в Восточно-Сибирском море и в восточной части моря Лаптевых.

В водной толще и поверхностных донных осадках по единой методике были проведены радиоизотопные исследования активности микробных процессов образования и окисления метана, интенсивности процессов фотосинтеза и микробной ассимиляции углекислоты, измерено содержание метана и $C_{\text{орг}}$ взвеси на разных станциях и горизонтах.

Концентрация метана, измеренная в поверхностной и придонной воде, даже подкрепленная промежуточным горизонтом и данными по содержанию в поверхностном осадке, часто не дает полного и правильного представления об истинном профиле распределения метана и о его генезисе в столбе водной толщи. Поэтому, нами была выполнена работа по детализации профиля распределения метана, посредством измерения его содержания на максимально возможном количестве горизонтов. На этих

же горизонтах были определены интенсивности микробных процессов образования и окисления метана. Для представления о балансе и генезисе органического вещества на этих горизонтах проведены измерения интенсивности процессов фотосинтеза и темновой (микробной) ассимиляции углекислоты, измерено содержание органического вещества взвеси.

В результате выполненных исследований показано, что распределение содержания метана по акватории Восточно-Арктических морей имеет мозаичный характер. Общим трендом является увеличение концентраций от моря Лаптевых к Чукотскому морю. Выявляются как фоновые зоны, с содержанием 0.1 мкл/л, так и зоны повышенных концентраций, где содержание метана составляет 1-2 мкл в литре воды. В среднем, содержание метана для исследованной акватории составляло 0.2-0.4 мкл/л. Вертикальное распределение в столбе воды, на большинстве исследованных станций, имело сложный профиль, с наличием одного-двух максимумов содержания метана между придонным и поверхностным горизонтами. Как правило, максимум концентрации внутри столба коррелировал с нижней частью зоны фотосинтеза. При этом встречались как придонные, так и поверхностные максимумы содержания метана. Концентрация метана в поверхностных осадках всегда была на 1-2 порядка выше, чем в наддонной воде.

Микробное окисление метана, на всей исследованной акватории, было незначительным, изменяясь в водной толще от 0.2 до 20 нл CH_4 /л*сут. Кроме придонного максимума, на подавляющем большинстве станций выявлен максимум метаноокисления, приуроченный к нижней границе зоны фотосинтеза. В отличие от водной толщи, в поверхностных осадках получены как средние, так и очень высокие интенсивности микробного окисления и трансформации метана. Максимальные скорости достигали 500-3500 нл CH_4 на кг осадка в сутки.

Ранее, на примере Черного моря и ряда других водоемов, нами были показаны высокие скорости микробного образования метана в кислородсодержащей водной толще [7]. Поскольку метаногены являются строгими анаэробами, то благоприятные для них анаэробные микрониши могут быть приурочены к пищеварительным трактам и пеллетам зоопланктона, частицам взвеси и органическим агломератам, отмирающему фитопланктону.

Измеренные нами интенсивности микробного образования метана в водной толще Восточно-Арктических морей были значительно выше, чем интенсивности его микробного окисления. Положительные величины

были получены практически на всех исследованных горизонтах, от устья Лены до Берингова пролива. Разброс величин составил от 2 до 540 нлСН₄ на литр в сутки. Средний диапазон, для большинства станций, находился в интервале 10-50 нл/л*сут. Максимальные величины микробного метаногенеза были зафиксированы в юго-восточной части Восточно-Сибирского моря. Вертикальное распределение профиля величин образования метана имело общие закономерности. Как правило, на исследованных станциях придонные интенсивности были значительно ниже, чем в вышележащей водной толще. Максимальные значения микробного метаногенеза, на подавляющем большинстве профилей, приурочены к подповерхностному горизонту и фотической зоне.

Результаты проведенных исследований позволяют утверждать, что микробные процессы цикла метана играют важную роль в балансе метана в водной толще морей восточной Арктики.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ №13-05-00575

1. Леин А.Ю., Иванов М.В. Биогеохимический цикл метана в океане. М.: Наука, 2009. 576с.
2. Леин А.Ю., Саввичев А.С., Иванов М.В. Резервуар растворенного метана в водной толще морей российской Арктики // ДАН. 2011. Т. 441. №3. С. 369–371.
3. Rigby M., Prinn R.G., Fraser P.J. et. al. Renewed growth of atmospheric methane // Geophys. Res. Lett. 2008. V. 35, L22805/ doi:10.1029/2008GL036037.
4. Shakhova N., Semiletov I., Salyuk A. et. al. Extensive methane venting to the atmosphere from sediments of the East Siberian Arctic Shelf // Sci., 2010. V. 327. P. 1247 – 1250.
5. Шахова Н.Е., Сергиенко В.И., Семилетов И.П. Вклад восточно-сибирского шельфа в современный цикл метана // Вестн. Рос. акад. наук. - 2009. - Т. 79, № 6. - С. 507-518.
6. Саввичев А.С., Русанов И.И., Пименов Н.В., Захарова Е.Е., Е.Ф. Веслополова Е.Ф., Леин А.Ю., Иванов М.В., Крейн К. Микробные процессы циклов углерода и серы в Чукотском море // Микробиология. 2007. Т.76. №5. С. 682–693.
7. Русанов И.И., Юсупов С.К., Саввичев А.С., Леин А.Ю., Пименов Н.В., Иванов М.В. Микробное образование метана в аэробной водной толще Черного моря. //ДАН. 2004, т. 399, №4, с. 571-573.